المادة: الري **المرحلة: الثالثة**
المحاضرة الرابعة **القسم: التربة والموارد المائية**

نقل وتوزيع مياه الري

تنقل مياه الري من مصادرها الى مواقع استعمالها بواسطة القنوات المفتوحة او الانابيب، وتعتبر الطريقتان متشابهتان من حيث الاساس الهيدروليكي تقريباً مع بعض الاختلافات، ان تصميم وتنفيذ نظم توزيع المياه بصورة صحيحة وسليمة يجعل عمليات الري سهلة وكفؤة.

انواع الجريان

هنالك عدة انواع للجريان في القنوات والانابيب لكل منها قوانينها ومعادلاتها الخاصة وهي:

1- الجريان الثابت Steady flow : يشير الى الحالة التي يكون فيها الجريان عند اي نقطة ثابت لايتغير مع الزمن (لايحصل تغير لسرعة الجريان او لعمق الجريان مع الزمن).

2- الجريان غير الثابت unsteady flow : وفيه يتغير الجريان عند اية نقطة (مقطع عرض) مع الزمن.

3- الجريان المنتظم uniform flow : وفيه يكون الجريان ثابت ومعدل السرعة ثابتة عند اي مقطع للجريان.

4- الجريان غير المنتظم Non uniform flow : وفيه تتغير سرعة الجريان من مقطع لاخر.

5- الجريان الطباقي (الانسيابي) Laminar flow : يحدث عندما يتحرك الماء على شكل طبقات متوازية وموازية لسطح الماء وبدون تغير في السرعة او اختلاط في الطبقات.

6- الجريان الاضطرابي Turbulent flow : وفيه تختلط اجزاء الماء وتتداخل مع بعضها كما تتذبذب السرعة تذبذباً جزئياً.

ويستعمل رقم رينولد Reynolds number : وهو النسبة بين قوى القصور الذاتي ولزوجة السائل، للتمييز بين الجريان الطباقي والاضطرابي. فاذا كان رقم رينولد اقل من 2000 يكون الجريان طباقياً واذا كان رقم رينولد اكبر من 4000 يكون الجريان اضطرابياً ومابين 2000-4000 يكون الجريان انتقالياً.

جريان الماء في القنوات المفتوحة:

يقصد بالقنوات المفتوحة جميع مجار المياه التي لها سطح حر معرض للضغط الجوي وتشمل المجاري الطبيعية كالانهار والقنوات الصناعية والانابيب التي لاتكون مملوءة تماماً بالماء، ان الفرق الرئيسي في جريان الماء في القنوات والانابيب هو ان الماء يسير في الانابيب بتأثير كل من شحنة الضغط والارتفاع، بينما يتحرك الماء في القنوات المفتوحة بسبب الاختلاف في شحنة الارتفاع (بسبب انحدار القناة) نظراً لان شحنة الضغط متساوية عند جميع النقاط على مسار حركة الماء (الضغط الجوي).

الشروط الواجب توفرها عند تصميم قنوات الري المفتوحة:

1- يجب ان لاتكون سرعة جريان الماء في القناة عالية بحيث تسبب تعرية القناة او واطئة بحيث تؤدي الى ترسيب الطمي مما يقلل من سعة القناة ويزيد من كلفة الصيانة والكري.

2- ذات سعة كافية لنقل كميات المياه المطلوبة.

3- يجب ان يكون انحدارها مناسباً ومنتظماً على امتداد المجرى المائي.
4- يجب ان تكون ذات وضع هيدروليكي جيد يجعلها مسيطرة على الحقول الزراعية.
5- يجب ان تكون الانحدارات الجانبية للقناة ملائمة لبناء قناة ثابتة ومتينة.
6- ان تكون الضائعات المائية اقل مايمكن.

تصميم القنوات المفتوحة:

المحيط المبتل (wetted perimeter): مجموع اطوال الاجزاء التي تمثل جوانب وقعر القناة والتي تكون بتماس مع الماء.

$$p= b + c + c$$

مساحة المقطع العرضي (Cross- sectionl area) : تشير الى مساحة المقطع المبتل للقناة.

$$A = \frac{(b + t)d}{2}$$

نصف القطر الهيدروليكي (Hydraulic radius) : النسبة بين مساحة المقطع العرضي للجريان والمحيط المبتل.

ويعتبر نصف القطر الهيدروليكي متغير مهم ويستعمل لحساب سرعة الجريان في القناة حيث ان السرعة تتناسب طردياً مع جذر نصف القطر الهيدروليكي التربيعي.

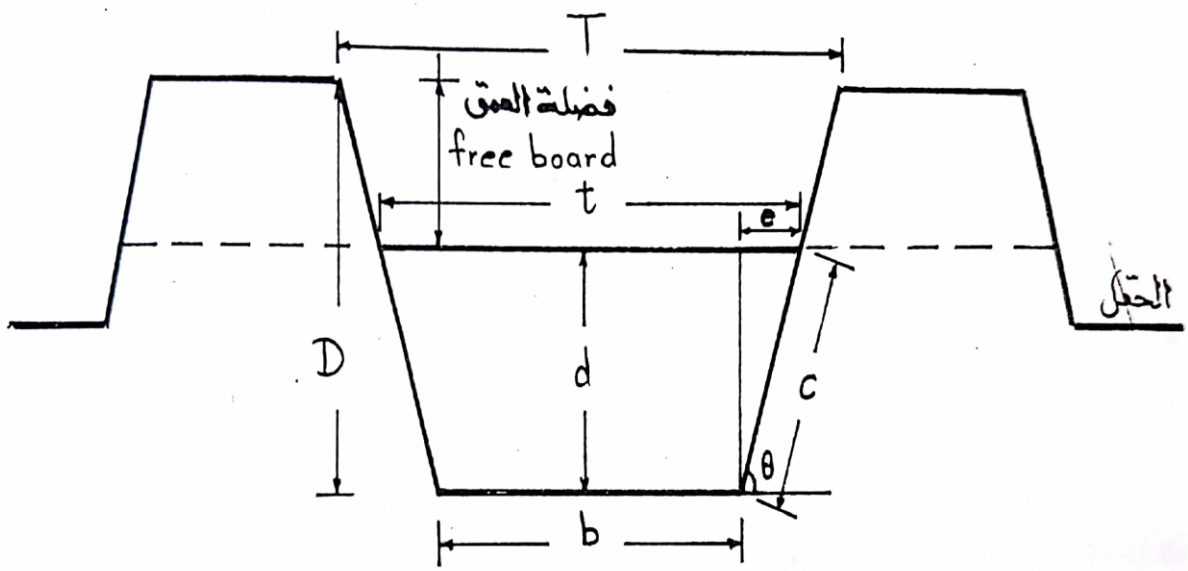
$$v \alpha \sqrt{R}$$

الانحدار (Slope) : النسبة بين التغير العمودي الى التغير الافقي (طول القناة) لسطح الماء، حيث ان السرعة تتناسب طردياً مع جذر الانحدار التربيعي.

$$v \alpha \sqrt{s}$$

فضلة العمق (Free board) : المسافة العمودية بين مستوى ارتفاع الماء في القناة الى العمق الكلي للقناة، وتستعمل لمنع حصول تاثيرات على جانبي القناة نتيجة طفح المياه بفعل تاثيرات الامواج او اية اسباب اخرى.

زاوية الميل θ:وهي الزاوية التي ميل جوانب القناة وترتبط قيمتها بنوع التربة وعادة تكون كبيرة في حالة الترب الطينية (انحدار جوانب القناة شديد) وقليلة في الترب الرملية (انحدار جوانب القناة قليل). ويكون تأثير نصف القطر الهيدروليكي وانحدار القناة على سرعة الجريان كالاتي:



T = العرض الكلي للقناة (اعلى القناة).
t = عرض السطح عندما يكون الماء في القناة بعمق d.
D = العمق الكلي للقناة (بضمنه Free board).
d = عمق الماء في القناة.
c = الجانب المبتل للقناة.
b = عرض قعر القناة.
θ = الزاوية بين جانب القناة المنحدر والافق (زاوية الميل).

شكل يوضح مخطط لمقطع عرضي لقناة ري مفتوحة

العوامل المؤثرة على سرعة الجريان في القنوات:

1- الانحدار Slope : حيث تزداد سرعة الجريان بزيادة انحدار القناة ويحتسب انحدار القناة من معرفة انحدار سطح الماء في القناة، لانه يكون موازياً لخط الطاقة الذي هو بدوره الممثل الصحيح للعامل S في كافة احوال الجريان في القنوات المفتوحة والانابيب ولايصح اعتماد انحدار قعر القناة الا اذا كان موازياً لسطح الماء.

2- الخشونة Roughness : تنشأ المقاومة لجريان الماء عن مقدار نعومة او خشونة سطح القناة، وعادةً تكون مقاومة القنوات المبطنة بالكونكريت للجريان اقل مما في القنوات الترابية. تزداد قيمة معامل الخشونة في القنوات الترابية بزيادة نمو الحشائش التي تؤدي خفض سعة القناة ولذلك يجب اختيار اعلى قيمة متوقعة لمعامل الخشونة عند التصميم، ولايكون معامل الخشونة ثابتاً في القنوات المفتوحة بسب التغيرات الموجودة في طبيعة المجرى المائي ومرور الماء خلال انواع مختلفة من الترب وانواع مختلفة من القنوات.

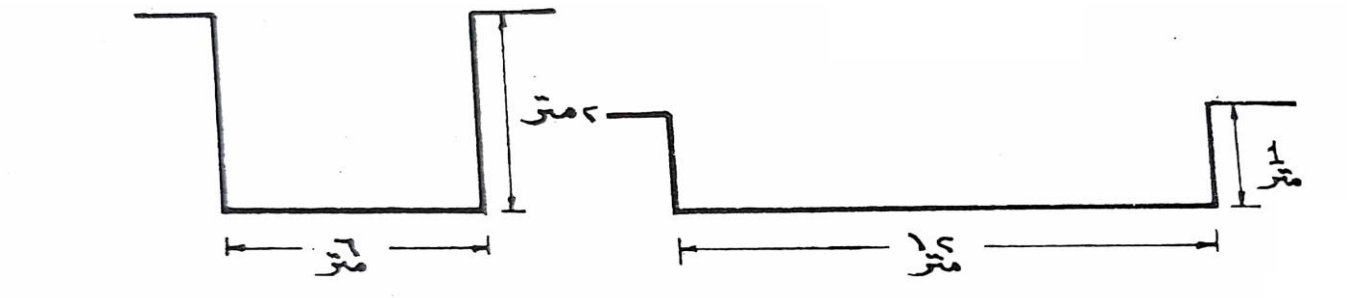
3- الشكل Shape : قد يكون للقنوات نفس المقطع العرضي والانحدار ومعامل الخشونة ولكل منها سرعة مختلفة اعتماداً على اشكالها، ولذلك فان القناة التي يتصل فيها الماء مع قعر وجوانب القناة باقل مايمكن تكون المقاومة للجريان اقل مايمكن لذلك تزداد سرعة الجريان، ان المتغير الذي يحدد مقدار التماس هو نصف القطر الهيدروليكي (R) فاذا افترضنا قناتين لهما نفس

الظروف (المتغيرات ثابتة) ولكن قيمة R تختلف فان القناة التي تكون فيها R قليلة تمتلك سرعة قليلة.

$A = 12m^2$ $\qquad$ $A = 12\ m^2$

$R = \frac{A}{P} = \frac{12}{14} = 0.85m$ $\qquad$ $R = 1.2\ m$

سرعة اقل $\qquad$ سرعة اعلى



وتصنف قنوات الري المفتوحة حسب اشكالها الى:

1- القنوات التي مقطعها شبه منحرف.

2- القنوات التي مقطعها بشكل مثلث.

3- القنوات التي مقطعها بشكل قطع مكافئ(هلالي).

ان المقطع شبه المنحرف هو اكثر المقاطع شيوعاً واستعمالاً وقد يتحول بعد فترة الى مقطع هلالي نتيجة الترسبات الا انه سهل التنفيذ، اما المقاطع الهلالية (ذات القطع المكافئ) فانها تنشأ على نطاق ضيق بسبب صعوبة تنفيذها وتصميمها، بينما تمتاز القنوات ذات الشكل المثلث بان الترسبات فيها قليلة ولكن سرعة الجريان العالية قد تسبب تحطم قعر الممر المائي.

تقسم القنوات المفتوحة الى:

1- القنوات المنتظمة.

2- القنوات غير المنتظمة.

حساب التصريف في القنوات المفتوحة المنتظمة

يحتسب التصريف بتطبيق معادلة الاستمرارية:

$$Q = A.\ V$$

Q : التصريف م^3 ثا$^{-1}$.

A : مساحة المقطع العرضي م^2 . V : معدل سرعة الجريان م ثا$^{-1}$.

وتحتسب مساحة المقطع العرضي للجريان حسب شكل القناة، بينما تحتسب سرعة الجريان بتطبيق معادلة تشيزي او ماننك غالباً او اية صيغة اخرى مناسبة، اذ ان معادلة ماننك هي الاكثر استعمالاً في حساب معدل سرعة الجريان في القنوات المفتوحة في منطقة الشرق الاوسط ومنها العراق.

حساب التصريف في القنوات المفتوحة غير المنتظمة

يتطلب قياس التصريف في القنوات غير المنتظمة(المقطع العرضي غير المنتظم) حساب مايلي

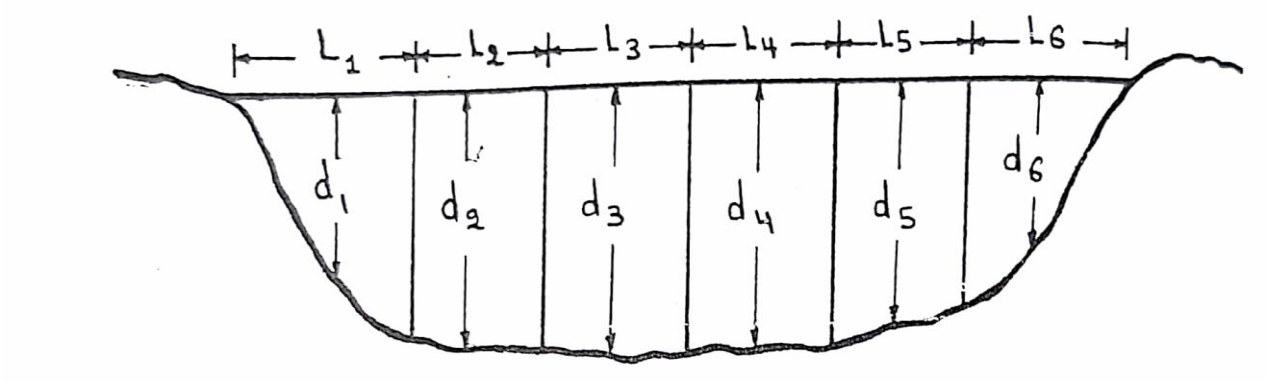
1- مساحة المقطع العرضي للجريان.

2- السرعة المعدلة

هناك عدة طرق لحساب مساحة المقطع العرضي للجريان واهمها:

1- طريقة المقاطع البسيطة.

وفي هذه الطريقة يقسم النهر او القناة الى عدد من المقاطع كما في الشكل التالي:



نفرض اطوال المقاطع $L_1 , L_2 , L3 \ldots\ldots Ln$

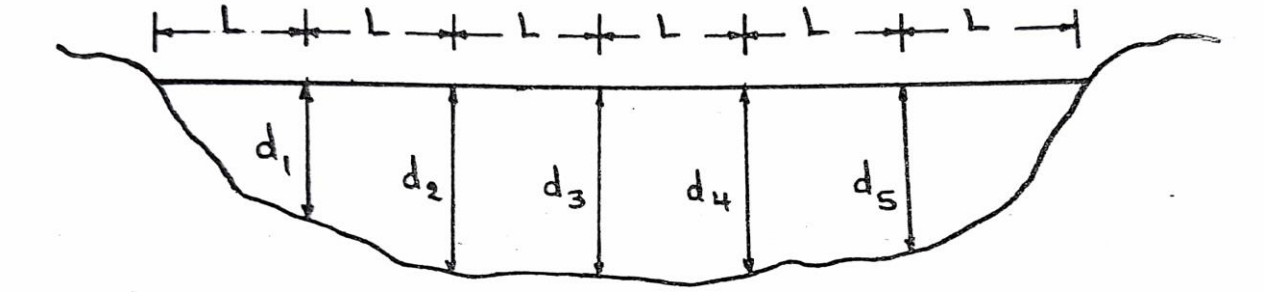
نفرض اعماق المقاطع $d_1 , d_2 , d_3 \ldots\ldots d_n$

مساحة المقطع العرضي للجريان= مساحة المقطع الاول + مساحة المقطع الثاني + ... مساحة المقطع الاخير

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots A_n$$
$$= L_1 d_1 + L_2 d_2 + L_3 d_3 + \ldots L_n d_n$$

وتزداد دقة القياس بزيادة عدد المقاطع

2- طريقة سمبسون: يقسم النهر او القناة الى عدد متساو من المقاطع وتؤخذ الاعماق في نهاية كل مقطع وكما يلي:



اطوال المقاطع متساوية= L

اعماق المقاطع في نهاية كل مقطع $d_1 , d_2 \ldots\ldots d_n$

$$A = \frac{L}{3}\{(d_1 + dlast) + 2(d_1 + d_3 + d_5 + \cdots) + 4(d_2 + d_4 + d_6 + \cdots)\}$$

تستعمل طريقة سمبسون في اعمال البحث العلمي فقط والطرق القياسية التي تسجل في دوائر الري تستعمل قاعدة شبه المنحرف لانها ابسط وتعطي نتائج مقبولة للاغراض القياسية.

القنوات الترابية Earth channels :

تستعمل القنوات الترابية غالباً لنقل الماء في الحقل والتي تحفر في التربة الطبيعية على طول الخط الذي يمر منه الماء، ان من محاسن القنوات الترابية انها بسيطة التنفيذ ومقبولة من قبل الفلاحين فهي لاتحتاج الى مهارة في تنفيذها، كما انها لاتحتاج الى الات خاصة يضاف الى ذلك كلفتها الابتدائية القليلة والتي تعتبر من اهم محاسنها. يجب ان تنشأ القنوات الترابية بجوانب

واكتاف ثابتة تلزم لنقل المياه بأمان، كما ان السرع التي تستعمل فيها يجب ان لاتكون عالية بحيث تسبب حصول تعرية ولا منخفضة بحيث تسبب ترسيب للمواد العالقة في الماء.

محددات استعمال القنوات الترابية:

1- زيادة نسب الضائعات بالرشح الجانبي والغيض.
2- سرعة جريان الماء تكون واطئة.
3- سهولة انهيار وانكسار اكتاف القنوات بفعل التعرية والانجراف والحيوانات القارضة.
4- نمو الادغال والحشائش مما يقلل من سرعة الجريان ويقلل من سعة القناة ويزيد من كلفة ونفقات تنظيف وصيانة قنوات الري.

اما القنوات المبطنة فهي القنوات التي يبطن قعرها وجوانبها باحدى مواد التبطين ومن مزاياها:

1- تقلل الفقد بالرشح الجانبي والغيض.
2- تعطي اماناً اكبر ضد الانكسارات.
3- لاتنمو فيها الحشائش والادغال.
4- تقلل من الحاجة للبزل.

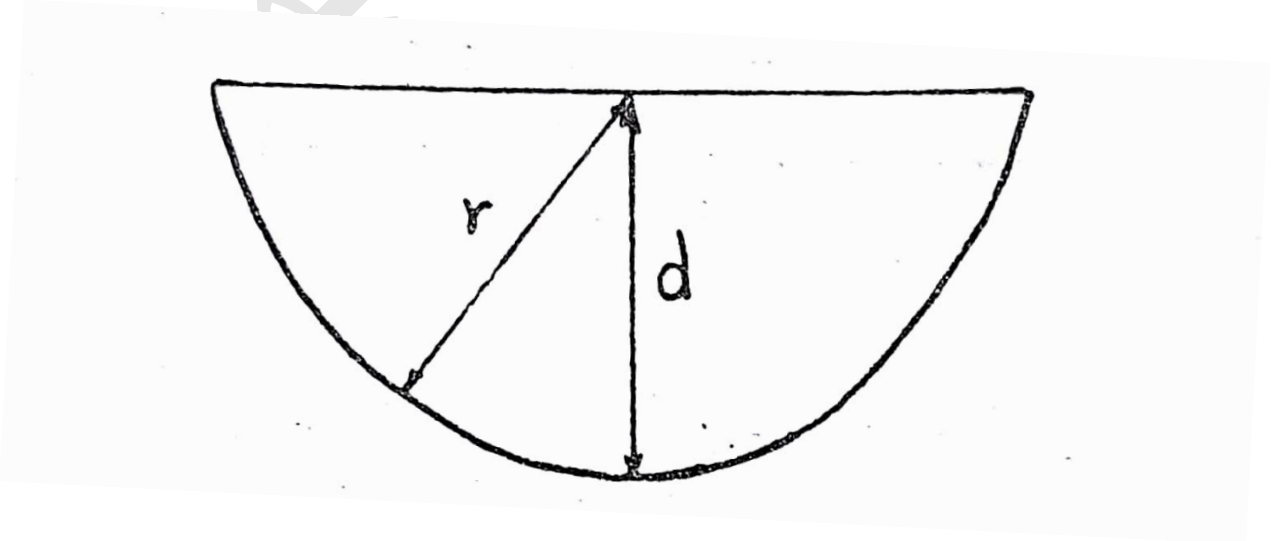
ولتصميم قناة ري مفتوحة يجب ان ناخذ في الاعتبار مايلي:

1- انحدار جوانب القناة.
2- سرعة جريان الماء في القناة.
3- عرض قاع القناة.
4- الانحدر المسموح به للقنوات الترابية.

المقطع الهيدروليكي الامثل:

ان انسب واكفأ مقطع عرضي لقناة مفتوحة هو النصف دائري (semi circular) حيث ان المحيط المبتل اقل مايمكن لمساحة ثابتة، لذلك فان

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{r}{2}$$



حيث ان r , D هما القطر ونصف القطر على التوالي
يعطي المقطع الهيدروليكي الامثل اعلى تصريف عند ثبوت المتغيرات الاخرى، ويعتبر المقطع نصف الدائري صعب التصميم كما ان حافته العليا تكون قائمة مما يسبب انهيار المقطع ولذلك استبدل بمقطع اخر هو شبه المنحرف ولكي يكون المقطع الاخير مثالياً يجب ان يتحقق شرطان:
اولاً

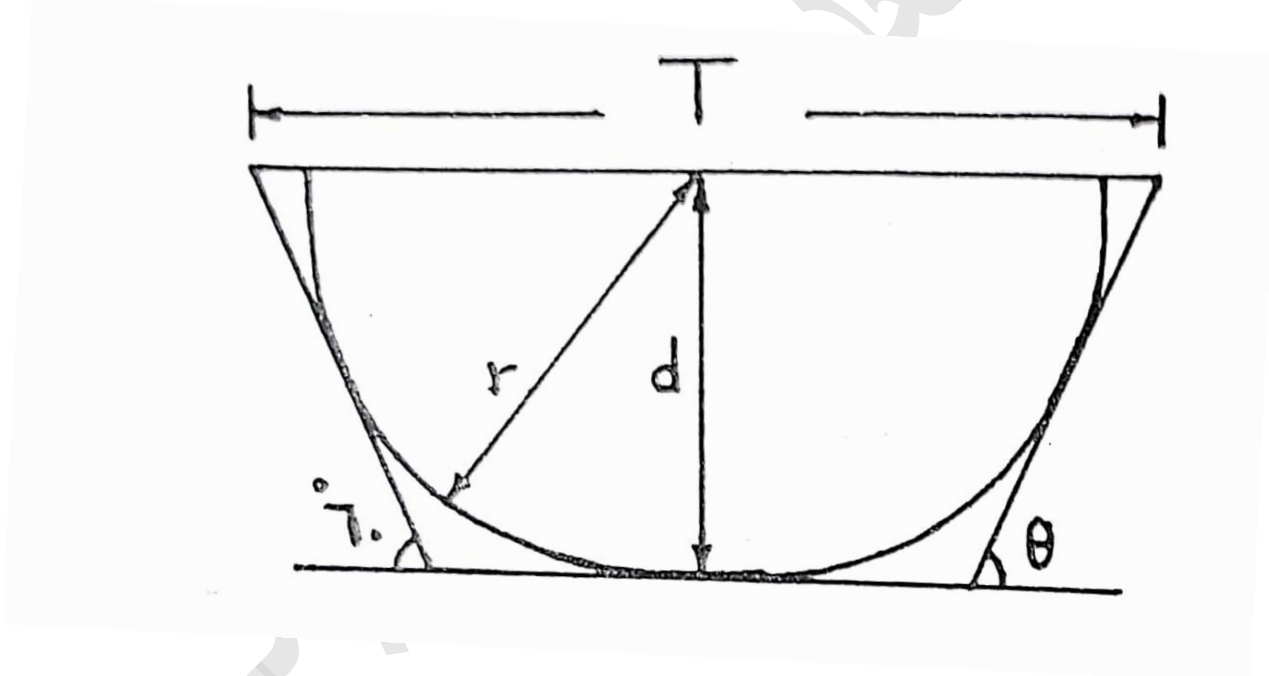
$$R = \frac{d}{2}$$

ثانياً

$$T = 2d\sqrt{z^2 + 1}$$

حيث ان:

$z =$ النسبة بين $\frac{e}{d}$



الجريان في الانابيب:
تستعمل الانابيب في كثير من اعمال الري والبزل وفي اغراض اخرى لنقل الماء، والانبوب عبارة عن قناة مغلقة ذات مقطع دائري يمر خلاله الماء بعد ان يملئ المقطع الدائري كلياً، ويتحرك الماء في الانبوب بسبب الاختلاف في شحنة الضغط والارتفاع ويمكن تطبيق معادلة الاستمرارية عندما يبقى معدل جريان الماء خلال الانبوب ثابتاً.

$$Q = A \times V$$

ضائعات الاحتكاك في الانابيب:
عندما يجري الماء في انابيب مملؤة وتحت ضغط فان العلاقة تصبح معقدة بسبب الاحتكاك، وتعتمد ضائعات الاحتكاك على عدة عوامل هي:

1- سرعة الجريان: الاحتكاك يتناسب مع مربع السرعة لذلك تقل المقاومة عند السرع المنخفضة.
2- حجم الانبوب: يؤثر عادة نصف القطر الهيدروليكي على سرعة جريان الماء وفي الانبوب المملوء بالماء فان مساحة المقطع العرضي للجريان تكون كالاتي:

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2$$

ان قيمة R تتناسب مع قطر الانبوب D فاذا افترض ثبوت بقية العوامل فان الانبوب ذو الحجم الكبير تكون فيه قيمة R كبيرة وبالتالي فان السرعة تكون عالية.
3- الخشونة: يزداد الفقد بالاحتكاك بسبب خشونة السطح الداخلي للانبوب، وقد ترتبط الخشونة مع عمر الانبوب وطبيعة استعماله، لذلك فان خشونة انابيب الحديد المغلون والالمنيوم تزداد مع القدم وتؤثر على انخفاض سرعة الجريان.
4- طول الانبوب: تتناسب ضائعات الاحتكاك بشكل مباشر مع طول الانبوب، ولقد امكن تقدير ضائعات الاحتكاك بالمعادلة المقترحة من قبل (Darcy- wesibach) وكالاتي:

$$h_f = \frac{fL}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

حيث ان:
h_f: ضائعات الاحتكاك بين نقطتين، بوحدات طول.
F : معامل الفقد بالاحتكاك، لا بعدي.
L : المسافة بين النقطتين (طول الانبوب) ، سم.
V : معدل السرعة، سم ثا$^{-1}$.
D : قطر الانبوب، سم.
g : التعجيل الارضي، سم ثا$^{-1}$.

معادلات الجريان:

هناك معادلات عديدة لحل مشاكل الجريان في الانبوب منها:
1- معادلة تشيزي Chezy's formula
وتستعمل لاحتساب سرعة الجريان في القنوات المفتوحة والانابيب على حد سواء $V = C\sqrt{RS}$
وقد امكن صياغة معادلة لايجاد قيمة C اذ كان اخر واحدث اشكالها باسم روبرت ماننك:
n : معامل خشونة ماننك وله قيم تتناسب مع طبيعة التربة. $C = \frac{1}{n}R^{1/6}$
وعند تعويض قيمة ثابت ماننك في معادلة تشيزي نحصل على معادلة ماننك لحساب سرعة الجريان في القنوات كالاتي: $V = \frac{1}{n}\ R^{2/3}\ S^{1/2}$
2- معادلة ماننك Manning's formula
وتستعمل على نطاق واسع في حساب سرعة الجريان في القنوات المفتوحة ويمكن استعمالها للانابيب الخرسانية بالصيغة التالية: (بالنظام المتري)

$$v = \frac{0.397}{n}\ D^{2/3}\ S^{1/2}$$

حيث ان:

V : معدل سرعة الجريان م ثا$^{-1}$ ، D : قطر الانبوب م ، S : الانحدار م م$^{-1}$ ،
n : معامل مانك للخشونة.
وتستعمل بالوحدات الانكليزية وكالاتي:

$$v = \frac{0.59}{n} D^{2/3} S^{1/2}$$

V : قدم ثا$^{-1}$ ، D : قدم ، S : قدم قدم$^{-1}$.
3- معادلة هازن – ويليامز Hazen and Williams

$$V = 0.354\, C_1\, D^{0.63}\, S^{0.54}$$

ويحتسب التصريف من تطبيق المعادلة بالصيغة التالية:

$$Q = 0.278 C_1\, D^{2.63}\, S^{0.54}$$

V: معدل سرعة الجريان م ثا$^{-1}$ ، Q : التصريف م^3 ثا$^{-1}$ ، D : قطر الانبوب م ، S
: الانحدار ، C_1 : معامل هازن – ويليامز.
4- معادلة سكوبي Scoby
وتستعمل بصورة واسعة للانابيب الكونكريتية:

$$V = C_s\, H^{0.5}\, D^{0.625}$$

V : معدل سرعة الجريان قدم ثا$^{-1}$، H : الانحدار قدم/ 1000 قدم ، D : قطر الانبوب انج،
C_S : معامل سكوبي (تتراوح قيمته بين 0.31 – 0.35).
5- معادلة دارسي – فيسباخ Darcy- weisbach
وتستعمل ايضاً للجريان في القنوات المفتوحة والانابيب على حد سواء، فلو افترضنا ان الماء يتحرك في انبوب مملوء قطره D فان

$$V = C\sqrt{RS}$$